# 生物肥料之研發及利用

**楊秋忠**
國立中興大學土壤環境科學系

「生物肥料」(biofertilizer) 又稱「土壤微生物製劑」，或「微生物肥料」，是由於肥料的定義包括廣義及狹義二種，「凡一切物料，不論基於土壤或植物之葉部，若能供作營養分或改良土壤之理化、生物性質，藉以增加作物之產量或改更改進產品之品質者。簡言之，凡能增進作物之產量與品質之物質，均可廣泛的稱爲肥料，然而有狹義的僅直接供給作物以養分之物料稱之爲肥料者」(盛，1971)。生物肥料即以廣義取之，係指人工培養之微生物製劑，在土壤中利用活體生物之作用以提供作物營養分來源、增進土壤營養狀況或改良土壤之理化、生物性質，藉以增加作物產量及品質者。其中，生物肥料以微生物來源最多，故本文是以微生物肥料爲主要內容。

施用土壤微生物製劑之應用目的包括直接及間接的目的，分別敘述如下：

一、直接應用目的

土壤微生物製劑的直接應用目的是如上述前言中，以做爲廣義肥料之應用，即爲「生物肥料」，利用活體生物供作養分營養分之來源(如固氮微生物)或增進土壤營養狀況者。因此利用有益微生物的目的可減少化學肥料的施用，以達到相同產量或有促進產量與品質之目標。由於微生物的生產成本較工業生產肥料爲低，除減少大量施用化學，以減少土壤劣化之可能性外，更可降低生產成本。

二、間接應用目的

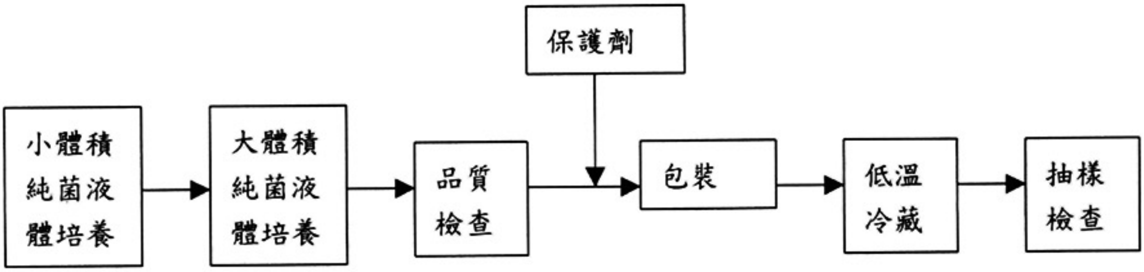
微生物肥料的間接應用目的是利用有益微生物對肥料功能外的其他能力，例如根圈保護的功能，促進植物根系生長及吸收水分與養分的能力，延長根系壽命，中和或分解毒害物質，提高作物移植存活率，及提早開花等特性。

「永續性農業」是要建立一個不依賴大量化學肥料及化學農藥的農業生產體系，生產的能源及成本要低，且能穩定產量、提高收益及減少環境生態的衝擊。農業生產要不依賴大量化學肥料的方法，就是要以有機質肥料、生物肥料及礦物質肥料來代替部份化學肥料，而以生物肥料促進化學肥料之利用效率是值得重視的「土壤生物技術」。

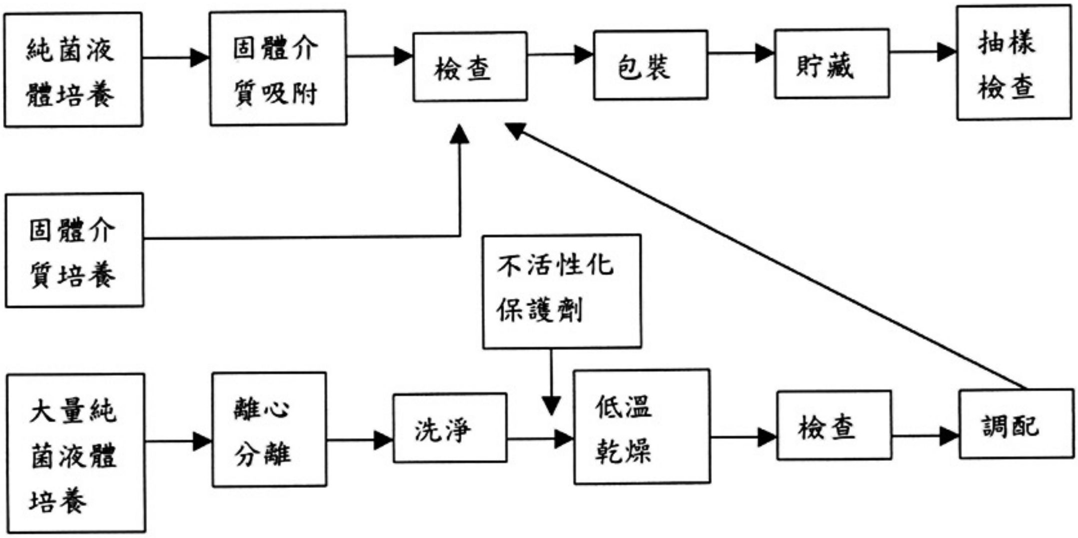
## 生物肥料的生產

在國內由於發酵工業的發達，微生物製劑的生產已有相當基礎，大量生產微生物肥料之技術並無問題，微生物製劑的產品包括固體及液體兩大劑型，以簡略說明不同劑型生產之技術及流程：

液劑生產：一般液體劑型之生產較爲方便及迅速，經檢查後即可包裝，液劑生產之技術上要重視克服雜菌之污染，包括在培養及包裝的系統。菌種及殺菌系統的速度是決定生產效率的重要因子。其生產流程如圖一所示。




圖一、液體培養微生物肥料的生產流程




圖二、固劑微生物肥料生產的三種流程

固劑生產：固型微生物肥料的產品，需經液體培養後，再吸附或培養在固體上，或經濃縮後低溫乾燥，其生產較爲緩慢。

固劑生產之技術上，除了需有液體培養技術外，尚需要固體介質培養或冷凍乾燥之技術與設備。選擇優良菌種外，固體介質及低溫乾燥速度是決定生產效率的重要因子。如圖二所示，三種生產固劑微生物肥料的流程，依不同菌種及需要決定其中一種生產方法。

## 生物肥料的微生物種類

生物肥料的產品依不同微生物種類及劑型分別說明如下：

一、微生物之種類

全球生物肥料的產品主要是包括細菌、放線菌、真菌、藍綠藻等微生物，在商品上一般可見單一或多菌類混合的生物肥料。單一菌類微生物肥料一般也是複合多株同類菌株的產品。以下爲一般常見的微生物肥料之菌種：

(一)固定氮氣的微生物：

1.固氮菌：

肥料三要素氮、磷、鉀中，唯一能來自大氣中的是氮，雖然大氣存有大量（約80%）的氮氣($N_2$)，但此種氮氣不能直接被植物利用，需要將氮氣轉化成氨才能被植物利用,將氮氣轉化爲氨的過程謂之「固氮作用」，固氮作用主要包括「生物固氮」及「工業固氮」。固氮菌的種類依分類上區分爲細菌、放線菌及藍綠藻類，其共同特徵是此類微生物均爲無細胞核的微生物。固氮菌與作物關係上可區分爲共生性、非共生性及協同性固氮菌：(1)共生性固氮菌與植物(如豆科、赤揚)形成瘤狀或固氮體，如根瘤菌、放線菌、共生藍綠澡類：(2)非共生固氮菌是在土壤或水田的游離固氮微生物，如固氮螺旋藻及光合固氮細菌類：(3)協同性固氮菌是存在植物根圈附近，利用植物之根分泌物生活而固氮，其固氮效率一般較非共生固氮菌爲高，如螺旋狀固氮菌與禾本科植物之協同性關係爲最明顯。

根瘤菌的應用上可以減少施用氮肥，因而可減少環境中氮的污染及土壤酸化，可提高豆科的產量及品質，並增進土壤肥力及健康。減少化學氮肥施用，有助節約消耗不可再生性能源的目標。1982 年的研究報導指出豆科固氮作用所消耗植物本身的能量，約等於植物吸收及利用硝態氮($NO_3^-$)的能量，解開以往對豆科固氮耗能而認爲不需要接種根瘤菌的誤解。

固氮菌的應用上以篩選優良菌種爲首要工作，需從分離及純化後，進行初步溫室及最後的田間篩選工作，篩出適應性及共生性佳的品系，以混合菌株的接種劑做爲應用的菌種。根瘤菌的接種劑在應用上甚爲簡便，只

要與種子混合後即可播種，使用菌液量每公頃約為 2～4 公升，而一般常見毛豆每公頃使用尿素約在 200～400 公斤，相比之下，即見使用根瘤菌省時、省錢及省力。

台灣根瘤菌研究甚早，至 1983 年發現台灣有快生型大豆根瘤菌世代時間約在 2 小時，而早期之慢生型大豆根瘤菌世代時間在 6～10 小時，在生產菌種的速度提早 4～8 天，經濟效益更為提高。在大豆根瘤菌之生理生化的研究已有相當之報導。

田間試驗中，接種 38 株不同的苜蓿，三葉草、花生、大豆等根瘤菌，結果發現產量較未接種的處理增加約 210%，50%，21%，98%。而在林地方面，在銀合歡生長初期，接種有效根瘤菌粉劑，可在銀合歡根部形成有效根瘤，並在植體乾物重、瘤數、瘤重及乙炔還原能力均比未接種處理為高。

雙重接種根瘤菌及菌根真菌到台灣本土 6 個試驗點，測試其成瘤作用、共生固氮作用及大豆產量，結果顯示，單獨接種根瘤菌的處理明顯增加根瘤生成、瘤重及固氮酵素之活性，而對大豆產量有高達 134% 之增產；而單獨接種菌根菌，對成瘤作用及固氮酵素活性無顯著的影響，但對大豆產量之影響有達 65%之結果。而雙重接種根瘤菌及菌根菌，對大豆產量之影響範圍有達 145%之增產，亦即顯示不論單一接種或雙重接種根瘤菌或菌根菌均有助於大豆產量之提升，且可取代氮肥之利用。

大豆根瘤菌每公頃年每年固定 100 公斤以上的氮素，且其製造成本低廉。由中興大學本研室分離的根瘤菌中，選拔出適宜本省大豆或毛豆栽培環境所使用之菌種製成生物肥料，根據本省高雄區農業改良場產量調查結果，接種根瘤菌後公頃之合格莢產量較不接種之農民慣行區增產 18%以上，增加收益每期每公頃約可收益 13,000 餘元。82 年度高雄農業改良場及屏東縣政府示範推廣根瘤菌面積已是 6000 公頃，可減少農民施用大量化學肥料，並減少土壤酸化及避免殘肥滲入土壤的地下水。若能繼續推廣根瘤菌之應用，不但可以提高毛豆產量、品質且可減少施用氮肥及土壤酸化問題，更有利於土壤及水質之環境保護。

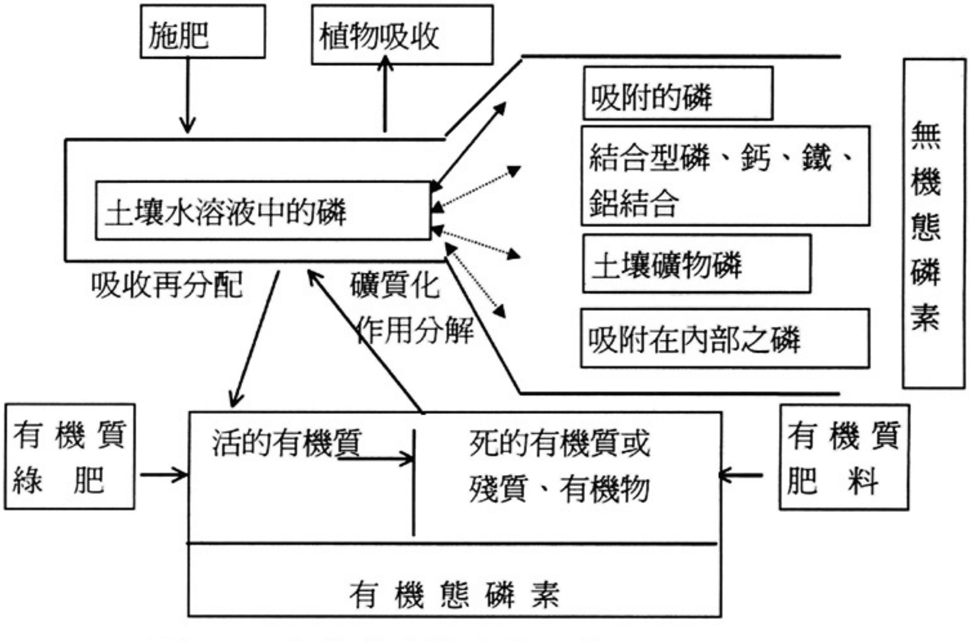
固氮菌之研究發展已邁向多功效及多作物應用之菌種，除具固氮作用外，已篩選出固氮溶磷之菌種，並已初步完成非豆科與根瘤菌形成根瘤之研究發展，將使固氮菌成為多目標用途之菌種。

2.溶磷菌：

磷素是肥料三要素氮、磷、鉀之一，是一般農業生

產上植物所必需的大量營養素。土壤中磷素存在的形式，包括無機態及有機態，無機態常與鈣、鐵、鋁結合，呈不易溶解型，導致不易被植物吸收；有機態磷則存在於許多與磷酸鍵結的有機化合物上，如磷酯、植酸鈣鎂(phytins)及核酸等等。

土壤中的無機態磷以結合型式存在愈多，自然對植物的有效性磷就愈少，因此磷肥在每期作物生產中常需要施用，否則產量或品質就受到影響，但磷肥的回收率甚低約在 20%以下。其餘的磷肥，幾乎都被土壤所固定結合，又因磷素在土壤中的移動較差，不易被水流失。田間前期作未吸收的磷肥被固定結合，植物也無法大量再吸收到這些被固定的磷，此即每一期作也得施用磷肥的原因。溶磷菌的作用即在溶解無機及有機結合的磷素。




圖三　土壤中磷素的動態系統

溶磷菌是泛指能溶解土壤中不易溶解的無機或有機磷化物的微生物總稱。近年來農業施用許多的化學磷肥，然而磷肥中有效性磷非常容易與土壤中的正離子（鈣、鐵、鋁、鎂等）結合，形成不易溶性的磷化合物，如磷酸鈣、磷酸鐵、磷酸鋁等，加上磷的流失性小，於是磷在農田中累積，但作物並不易利用。若能利用溶磷微生物，將有利作物於土壤中磷肥的有效應用。

不同的溶磷菌的種類中，溶磷能力及能溶解物的範圍差異甚大，有的菌可溶解「鈣結合磷」，可是不能溶解「鐵結合磷」，有的菌種且可溶解多樣的不易溶解的磷化物。常見的溶磷菌包

括細菌及真菌，如 *Pseudomonas, Bacillus, Thiobacillus, Penicillium, Aspergillus* 屬及*Mycorrhiza*等。其中菌根真菌經研究也是能促進根圈中溶解無機結合磷的功能，此外，近年來發現根瘤菌也有溶解磷的菌株。溶磷作用的產生原因可能區分爲不同機制，包括直接產生有機酸、無機酸或酵素的釋放，對土壤中無機或有機結合磷的分解作用。

研究結果顯示溶磷細菌可溶解磷酸三鈣，但不一定能溶解磷酸鐵，磷酸鋁或磷礦石。生物分析結果顯示部份菌株對胚根生長有明顯增進作用。溶磷細菌對磷酸三鈣的溶磷能力，在接種 36～48 小時達到最高溶出磷量，爲對照組的 166 倍。

溶磷菌篩選上，除對各種不同磷素之溶解能力測定外，對促進根系生長及增進吸收磷素的篩選也有助應用。本研究室篩選之溶磷細菌種經田間花生、扁柏、銀合歡、茶等均有增產的功能，尤其配合菌根菌之應用，將更接種效應更爲穩定的功效。

溶磷菌的應用效果好壞，是依賴菌種的選拔，要有優良的菌種，才有良好的表現，因土壤中的菌種良莠不齊，雖然具有溶磷，但效果相互差異甚大。

溶磷菌的應用，對作物而言沒有專一性，但略有偏好性，一般溶磷菌適用於各種農藝、園藝、牧草及林木作物，爲了達到最佳效果，可分別作物篩選優良菌種。

溶磷菌的應用效果已被證明在某些土壤中，可以達到增產的成果，也有配合菌根真菌的應用，達到「累加效應」的例子。溶磷菌也常見配合磷礦石粉的施用，而達到增加磷肥吸收及增產的效果。

新興科技的發展下，溶磷菌(包括菌根菌)及固氮溶磷菌在未來的農業中，必定有其需要性，使磷肥的效應提高是主要的目標，尤其是在固定磷素甚高的土壤更爲重要，尤其多年生及根系小的作物的需求更有其必要性，使磷肥有充分的供應作物的需求。除了溶解土壤中不易溶解的磷素外，部份之溶磷菌能促進根系之伸展，有利營養之吸收，可能與植物賀爾蒙之形成有關，此點有待進一步研究證明。

(二)根圈有益微生物：

根圈有益微生物是指此類微生物適宜生長在根圈周圍，並能促進根系或植物生長。根菌有益微生物依不同功能而有差別，例如有分泌或轉化植物賀爾蒙或促進劑的微生物促進根系生長，增加營養吸收；有抑制病原菌的微生物，而此類菌之功能與肥料功能有差別，不宜以「微生物肥料」稱之，而以「微生物接種劑」或「微生物資材」稱之爲宜，如「載鐵物質」的分泌菌。

(三)分解菌：

分解菌是指可分解土壤有機物、農藥或有機肥料的菌類，此類的菌常與機質混合應用，增加土壤中有機質的礦質化作用，而釋出營養分。分解菌的種類甚多，作用的範圍甚廣，從大分子的有機質分解成小分子之有機或無機物（如銨、二氧化碳等），甚至包括去除惡臭物的分解作用及解毒作用。但需注意若會分解土壤有益物質的分解菌不宜加入土中。

(四)有機聚合物的產生菌：

土壤中有許多小分子之有機物（如酚類、胺基類、醣類等），會被此類微生物聚合成大分子的有機物（如腐植酸、黃酸、黑色素等），這些聚合有機物對土壤的理化性質貢獻甚大，如增進土壤團粒作用，功效不可忽視。

以上各種重要的微生物，可以複合在一種或多種菌的微生物肥料中，使其發揮所長，達到有效的成果，是未來肥料的重要資材。

(五)菌根真菌

菌根菌是一種與植物根部共生極為廣泛的真菌，主要的菌根菌包括內生、外生及內外生三大類，作物的根部與菌根菌發生共生後，(1)外生菌根菌伸入根皮層，但不進入細胞內，常在根的外部形成瘤狀或掌狀物，外生菌根菌的共生以林木為最多；(2)內生菌根菌伸入根皮層及細胞內；(3)內外生菌根菌則細胞內外皆有。一般農田作物以內生菌根菌為最多，尤其以囊狀體－叢枝體內生菌根菌最普遍受到重視。

二、劑型：全球微生物肥料的劑型上，不外乎包括液體及固體，液體是直接培養的菌液，而固體則有冷凍乾燥菌體及吸附菌體物兩大類，有粉狀或粒狀。一般為使菌種能在根系儘速發生功能，則以液劑及粉狀較為迅速，粒劑中則以不溶性的粒狀之作用較慢。液型的生產成本較低，固體型之生產成本則較高，但運送上較方便。液型較需重視雜菌問題的控制，固體型者則較不易察覺雜菌問題。

## 微生物肥料使用方法

微生物肥料的使用方法非常方便，無論整地與不整地栽培，或苗圃種植的播種方法及管理，都與原來慣用方法相同，應用的主要要領是將作物的種子、根部或小苗能直接與生物肥料充分接觸，達到接種微生物的目標，使用方法可視需要配合，甚為簡便。

依接種劑的型態，主要可分為微生物的液劑及固劑二種，各種微生物製劑之應用需依產品之說明使用之，一般使用方法分別說明如下：

一、液體菌劑之使用方法:

(一)幼苗接種的方法:

1.浸苗法: 以稀釋液 (約 5～10 倍) 浸苗，浸入液體沾濕後立即取出即可。

2.噴苗法: 當樹苗很多時，可用稀釋液 (約 5～10 倍) 放入噴筒中噴濕根部即可。

(二)種子接種之方法:

1.播種前浸入或噴濕法: 將種子與原液或 5～10 倍稀釋液浸入或噴濕，使種子與液態生物肥料接觸後再播種。

2.播種覆土前噴濕法: 將原液或 5～10 倍稀釋液噴在苗床上未覆土的種子上，使種子沾濕後，再覆土。

(三)種植後之接種方法或直接灌入土壤之方法:

將 100 倍之稀釋液灌入種植成株及果樹之根部或土中即可，或以 10倍之稀釋液在雨後噴入土中也可。

二、固體菌劑的方法:

(一)幼苗接種的方法:

將固態生物肥料先入穴中或條行中，再種植幼苗，使幼苗根部能與生物肥料接觸。

(二)種子接種的方法:

1.大種子接種:

(1)包覆種子法: 將種子直接加入黏著劑 (如 CMC) 及少量的水後，再加入固態生物肥料包覆種子，所以種子外覆有一層固體生物肥料。

(2)土中接觸法: 將固態接種劑施入土中後，再將種子放在固態接種劑上方，再覆土即可。

2.小種子接種:

(1)混合方法: 將小種子與固態接種劑以一定比例均勻混合後，再將混合物施入苗床上，達到種子分散，混合比例依施入量及發芽率而定，原則上施入土中後種子即在固態接種劑中。

(2)土中接觸法: 如上述大種子之方法，將固態接種劑施入土中後，再將種子放在固態接種劑上方，再覆土即可。

## 保育土壤微生物之要領

保養土壤微生物的要領，在於平時注重土壤之物理、化學及生物環境之維戶，加強長期的保養，其要領如下:

一、勿過度使用農藥及肥料

農藥是現代農業生產甚難或缺的藥方，若正確使用農藥或少農藥將不易發生大的問題，爲了長期保養土壤微生物及其制

衡功能，若不當或過量使用農藥，對有益的土壤微生物及根圈微生物是有害的。土壤殺菌劑或燻蒸劑是在土壤發生嚴重病蟲害時使用，也就是說在「治療」時使用，但若只是用在「預防」上，將改變土壤微生物之制衡，此時若發生病菌侵擊，則常有不可收拾之後患。

肥料是農業生產上必需之材料，過量施用肥料，可能導致土壤酸化及養分不均衡之問題，因而改變土壤環境，對土壤微生物族群之變遷也將可能導致問題的結果，其中在土壤酸化後十字花科作物的根瘤病爲最明顯之例子。因子，減少過量施肥是保養土壤的重要工作。

二、輪作栽培：

多種不同之作物依次輪作栽培，可減少土壤病蟲害微生物之大量繁殖，可降低病害發生。本省網式及設施蔬菜及花卉栽培連作甚多，因此發生連作障礙，無法再種同類的作物，這種問題最有效的治療辦法就是採用輪作及水旱輪流栽種，避免再連作。尤其是施設栽培之耕作更需重視輪作栽培。

三、調整土壤酸鹼度：

土壤酸鹼度不只是影響作物生長，對土壤微生物的生長也有關係，每一種微生物的適應性有一定的酸鹼範圍，當土壤酸化後，土壤中有害微生物之孳生，加上植物的不適應，而加強了病害的嚴重性。調整土壤酸鹼度，可防止病害微生物之危害，一般作物適於酸鹼值 6.0 至 7.0 之間，也有一些較耐酸的作物可以適應酸性土壤，如茶、草莓、菸草等。

四、接種有益微生物：

土壤中原本有好的微生物，由於長期利用土壤，部份有益微生物之數目降低或過少，也有部分有益微生物(如根瘤固氮菌)原來土壤中就很少或沒有，施用有益微生物可增加其效能，例如固氮菌可增加土壤氮素來源，分解有機物之菌可加速有機分解釋放養分，菌根菌有助磷肥吸收，釋放抗生素之菌可對抗病菌孳生。接種微生物常被土壤中之環境影響，需要注意接種方法、時節及配合管理的要領。

五、施用適當的有機質：

有機質的供應是保養土壤微生物最有效的方法，但是要講求「適量」及品質好的有機質肥料，近來蔬菜田中常發現過度施用易分解(即易發性)的有機質，因長期 2、3 年的過量以後，土壤過度有機化及酸化，微生物過度孳生，導致根害及病害之發生。

六、其他：

爲有益微生物相之土壤的保育除上述方法外，尚可利用改變土壤環境加以保養，例如利用浸水處理或輪種水生作物(如水稻、蓮藕、芋頭等)，使田間浸水控制病蟲之滋長；也可採

用翻田日曬、覆蓋等方法，控制部份病菌數目。又如客土及移去有害微生物，利用引進新的土壤及新的有益微生物。利用底土翻上的深耕方法時，因底土一般有機質低，需施用有機質及有益微生物加以改善。

## 如何發揮生物肥料的最大功效

任何肥料要發揮最大功效，應注意土壤及作物條件的配合，微生物肥料也不例外，需要注意下列配合條件:

一、土壤不能太酸或太鹼:

土壤太酸(小於 pH 5)或太鹼(pH 7.8)均影響各種營養的吸收及有效性，對微生物肥料的發揮上將受到限制。強酸性土壤，可先用石灰質材(如苦土石灰、蚵殼粉、矽酸爐渣、白雲石粉等)中和；強鹼性土壤，可用酸性質材(如硫磺粉或酸性泥炭)中和。

二、配合微生物繁殖之場所或資材:

微生物肥料是活菌，施入土壤後需要繁殖生存，其中最佳生存之處是根圈，因此，施在根上的效果最佳，是直接的作用，若微生物肥料在稀釋液中添加少量腐植酸、糖蜜或營養劑，將有助微生物的繁殖及生存。

三、配合作物的需求:

各種作物在不同生長期中對不同微生物肥料的需求要配合，微生物肥料之接種愈早期愈好，以幼苗期接種最有效。若多年生果樹則在生長期重視增進氮及磷功能的菌種，中果期則重視增進磷功能的菌種。

四、微生物肥料的品質需求:

微生物肥料是活菌，因此，接種劑的品質要求菌數要維持，菌的活性要高，要能適應本土環境及雜菌要少的條件。

## 生物肥料的保存方法及注意事項

一、接種劑貯藏於蔭涼處或冷藏室(5℃以上)為佳，菌種是活的生物，有一定之保存期限，當活的菌種降低時，效果將減少。

二、避免與有毒害之農藥混合使用，但播種覆土後可施農藥。

三、使用固氮接種劑，不可與氮肥混合使用，但磷鉀肥仍需於整時作基肥施用，如需施用氮肥，可當為追肥，少量施用，施用溶磷菌或菌根菌，不可加入多量過磷酸鈣。

四、接種劑與種子拌種時，若種子(如大豆)怕浸水時，應將多餘的水倒出，絕不能浸泡種子，否則，怕浸水的種子發芽率及發芽勢受影響而降低。

五、混合種子與接種劑需立即播種，土壤不可太乾。

# 結論及展望

農地土壤的表現是土壤物理性、化學性及生物性之總體表現，其間相互影響，若其中有限制因子的存在，將對作物生產具有否定的影響，因此，土壤地力的保育需要依各地不同土壤而有不同的改良對策之優先次序。然而土壤微生物在農業生產上扮演重要的角色之一，由於土壤微生物不易用肉眼察覺問題的發生，一般只能用作物的健康及生病的程度來觀察。台灣至今對土壤微生物生態相之研究有待多方努力，有待建立基礎及應用研究之建議如下：

一.建立土壤微生物之基因庫及保存自然微生物資源。

二.發展及利用土壤有益微生物接種劑及複合多功能有機質肥料，達到土壤保育之目標。

三.加強污染物及農藥對土壤微生物相影響之研究，訂定污染物及農藥使用限制與環境基準，並建立土壤環境品質之監督系統。

四.建立本土土壤之微生物生態相之方法及模式，調查分析不同土壤及管理之差異性，做爲微生物多樣性的基本資料。

# 參考文獻


張鳳屏、楊秋忠・1992・囊叢枝菌根菌與溶磷細菌對塑膠袋茶樹扦插苗生長之影響．台灣茶業研究彙報 11:79-89.

曾振南、華傑、楊秋忠・1993・利用多基固座酵素電泳分析研究台灣本土根瘤菌之遺傳相關性・中國農化會誌 31:120-129.

楊秋忠、張芝賢、陳立夫、趙震慶。1998。台灣土生固氮溶鐵磷細菌特性之研究。中國農業化學會誌 36:201-210。

楊秋忠、張淳堂、張鳳屏・1994・溶磷菌的作用及應用研究・微生物肥料之開發及利用研討會專刊. p.87-98.

楊秋忠、莊作權、郭鴻裕・1984・接種內生菌根對大豆生長、生產、固氮作用及礦物磷利用之效應・中華農學會報 128:29-42.

楊秋忠、趙震慶、張永輝・1986・台灣酸性土壤接種菌根菌及施用磷礦石粉對玉米生長之影響・中華農學會報 新136:25-24.

楊秋忠、趙震慶・1988・台灣快生型大豆根瘤菌之世代時間及對大豆共生之關係・中華農學會報 新143:27-37.

楊秋忠。1986。土壤微生物－根瘤菌及菌根真菌的需要及發展・興大農業 2:17-20。

楊秋忠。1987。土壤微生物應用之需要性・農委會農情週訊 115:15-17。

楊秋忠。1994。微生物肥料在永續性農業上的應用. 永續農業 1:29-32。

楊秋忠。1994。微生物肥料發展現況及未來. 生物技術醫藥產業報導 3(4):15-20。

楊秋忠・1989・微生物肥料在有機農業之應用・有機農業研討會專集: 105-112.

楊秋忠・1994・固氮菌的應用及發展・微生物肥料之開發及利用研討會專刊 p.5-14.

楊秋忠・1997・土壤與肥料 (第六版) (395 頁), 農世股份有限公司, 台中。

楊秋忠・1997・固氮菌與溶磷菌之應用及發展。有益微生物在農業上之應用研討會專刊。中華永續農業協會。p.11-26。

Young, C. C. 1986. Effect of sanility on growth, survival, and symbiotic characteristics of Rhizobium japonicum Taiwan isolates. Proceedings of the National Science Council, B, R. O. C. 10:275-279.

Young, C. C. 1990. Effects of phosphorus-solubilizing bacteria and vesicular-arbuscular mycorrhizal fingi on the growth of tree species in subtropical-tropical soils. Soil Science and Plant Nutrition 36:225-231.

Young, C. C. 1994. Selection and application of biofertilizers in Taiwan. Food & Fertilizer Technology Center, Technical Bulletin 141:1-9.

Young, C. C. and C. C. Chao. 1985. Persistance of leucaena Rhizobium isolates in carriers. Leucaena Research Reports 6:73-74.

Young, C. C. and C. C. Chao. 1989. Intrinsic antibiotic resistance and competition in fast- and slow-growing soybean rhizobia on a hybrid of Asian and US cultivars. Biology and Fertility of Soils (Germany) 8:66-70.

Young, C. C. and D. P. Bartholomew. 1987. Growth, nutrient uptake, and N fixation of Desmodium intortum as influenced by root exudates of limpograsses (Hemarthria altissima). Proceedings of the National Science Council, (B), R.O.C. 11:187-193.

Young, C. C. and K. T. Cheng. 1997. Genetic diversity of fast- and slow-growing soybean rhizobium by random amplified polymorphic DNA analysis. Biology and Fertility of Soils. 26:250-253.

Young, C. C., J. Y. Chang and C. C. Chao. 1988a. Physiological and symbiotic characteristics of Rhizobium fredii isolated from subtropical-tropical soils. Biology and Fertility of Soils (Germany) 5:350-354.

Young, C. C., M. H. Wu and T. C. Juang. 1982. The selection and use of Rhizobium in Taiwan. Food & Fertilizer Technology Center, Technical Bulletin No. 66:1-9.

Young, C. C., S. L. Chen and C. C. Chao. 1997. Flooding on the vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and growth of corn in subtropical-tropical soils. Biology and Fertility of Soils. (submitted) (SCI)

Young, C. C., T. C. Juanag, and H. Y. Guo. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhiza inoculation on soybean yield and mineral phosphorus utilization in subtropical-tropical Soils. Plant and Soil 95(2):245-254.

Young, C. C., T. C. Juang, and C. C. Chao. 1988b. Effects of Rhizobium and VA mycorrhiza inoculations on nodulation, symbiotic nitrogen fixation, and yield of soybean in subtropical-tropical fields. Biology and Fertility of Soils (Germany) 6:165-169.